

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Data berikut merupakan hasil pengujian beton yang diperoleh dari hasil pemeriksaan di laboratorium selama penelitian.

4.1.1 Hasil Uji Bahan Campuran Beton

Pengujian terhadap bahan-bahan penyusun beton dilakukan untuk memahami sifat-sifat dan karakteristik bahan-bahan penyusun beton yang sering juga disebut dengan uji propertis beton. Uji propertis beton ini meliputi uji pemeriksaan bahan agregat kasar, agregat halus, dan bahan tambah lainnya seperti pecahan genteng.

4.1.1.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar bisa terdiri dari kerikil bersih dengan bahan-bahan yang cenderung kasar dari hasil pemecahan batu yang berasal dari Gunung Galunggung dalam keadaan kering serta memenuhi persyaratan dengan menggunakan pengujian yang sudah dilakukan sebelumnya. Berikut ini hasil dari pengujian yang telah dilakukan.

4.1.1.1.1 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Hasil analisis berat isi agregat kasar dilakukan dengan dua tahapan, yaitu berat isi lepas dan berat isi padat yang berdasarkan pada SNI 03-4804-1998, berikut ini merupakan hasil pengujian dua tahapan berat isi kasar yang telah dilakukan.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Berat Isi Lepas

Berat Isi Lepas	Satuan	I	II
Berat Contoh + Tempat	gram	9620,00	9720,00
Berat Tempat	gram	2410,00	2410,00
Berat Contoh	gram	7210,00	7310,00
Volume Tempat	cm ³	5555,95	5555,95
Berat Isi Contoh	gram/cm ³	1,30	1,32
Berat Isi Rata-rata	gram/cm ³	1,31	

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Berat Isi Padat

Berat Isi Padat	Satuan	I	II
Berat Contoh + Tempat	gram	10050,00	10180,00
Berat Tempat	gram	2410,00	2410,00
Berat Contoh	gram	7640,00	7770,00
Volume Tempat	cm ³	5555,95	5555,95
Berat Isi Contoh	gram/cm ³	1,38	1,40
Berat Isi Rata-rata	gram/cm ³	1,39	

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Dari hasil pengujian berat isi agregat kasar, berat isi lepas didapat berat isi rata-rata sebesar 1,31 gram/cm³, sedangkan untuk berat isi padat didapat berat isi rata-rata sebesar 1,39 gram/cm³. Menurut SNI 03-4808-1998, batas minimum untuk hasil pengujian berat isi kasar maupun halus sebesar 1.200 kg/m³, maka agregat dalam penelitian ini memenuhi syarat berat isi bahan campuran pengujian beton.

4.1.1.1.2 Hasil Pengujian Kadar Air

Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Nilai kadar air ini digunakan untuk koreksi takaran air pada adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan. Berikut merupakan hasil dari pengujian kadar air.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kadar Air

No	Uraian	Satuan	Hasil Pengujian	
			I	II
1	Masa cawan + contoh basah	gram	1569,50	1316,50
2	Masa cawan + contoh kering	gram	1526,00	1287,50
3	Masa air	gram	43,50	29,00
4	Masa cawan	gram	120,50	127,50
5	Masa contoh kering	gram	1405,50	1160,00
6	Kadar air	%	3,09	2,50
Rata - rata			2,80	

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

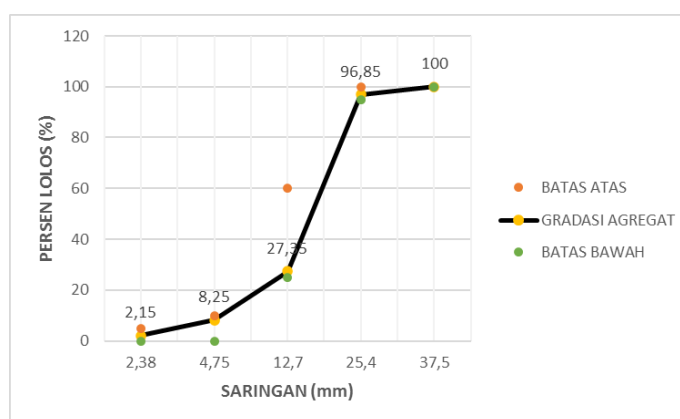
Dari hasil pengujian kadar air agregat kasar didapat kadar air rata-rata sebesar 2,80%. Persentase kadar air agregat memenuhi persyaratan karena syarat kadar air bernilai <5%.

4.1.1.1.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat

Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar dilakukan untuk mengetahui batas gradasi agregat tersebut. Berikut ini merupakan tabel hasil pengujian analisa saringan agregat kasar.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat

Saringan		Berat Tertahan	Jumlah Berat Tertahan	Persen Kumulatif		Berat Tertahan	Jumlah Berat Tertahan	Persen Kumulatif		Rata-rata	Spesifikasi
mm	inc			Tertahan	Lolos			Tertahan	Lolos		
		gram	gram	%	%	gram	gram	%	%		
37,5	1 1/2"				100,00				100,00	100,00	100
25,4	1"	105,83	105,83	2,80	97,20	132,06	132,06	3,50	96,50	96,85	95 - 100
19,1	3/4"	1664,87	1770,70	46,85	53,15	1450,72	1582,77	41,95	58,05	55,60	
12,7	1/2"	1014,80	2785,49	73,70	26,30	1118,69	2701,47	71,60	28,40	27,35	25 - 60
9,52	3/8"	430,86	3216,35	85,10	14,90	494,26	3195,73	84,70	15,30	15,10	
4,75	No.4	270,23	3486,59	92,25	7,75	247,13	3442,86	91,25	8,75	8,25	0 - 10
2,38	No.8	244,53	3731,12	98,72	1,28	216,19	3659,06	96,98	3,02	2,15	0 - 5
1,19	No.16										
0,59	No.30										
0,28	No.50										
0,15	No.100										
0,075	No.200										
Pan											



Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengujian Saringan Agregat
(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Menurut SNI 03-2834-2000, pengujian analisa saringan dilakukan dengan menggunakan dua buah benda uji dengan hasil tabel dan grafik yang dapat dilihat

pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.1, bahwa ukuran gradasi kerikil atau koral berukuran maksimum yaitu 20 mm.

4.1.1.1.4 Hasil Pengujian Abrasi

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin Los Angeles. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian abrasi.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Abrasi

GRADASI YANG DIGUNAKAN		BERAT BENDA UJI (gram)						
LOLOS	TERTAHAN	A	B	C	D	E	F	G
76,2 mm (3")	63,5 mm (2 1/2")	-	-	-	-	2500	-	-
63,5 mm (2 1/2")	50,8 mm (2")	-	-	-	-	2500	-	-
50,8 mm (2")	37,5 mm (1 1/2")	-	-	-	-	5000	5000	-
37,5 mm (1 1/2")	25,4 mm (1")	1250	-	-	-	-	5000	5000
25,4 mm (1")	19,1 mm (3/4")	1250	-	-	-	-	-	5000
19,1 mm (3/4")	12,7 mm (1/2")	1250	2500	-	-	-	-	-
12,7 mm (1/2")	9,52 mm (3/8")	1250	2500	-	-	-	-	-
9,52 mm (3/8")	6,35 mm (1/4")	-	-	2500	-	-	-	-
6,35 mm (1/4")	4,75 mm (No.4)	-	-	2500	-	-	-	-
4,75 mm (No.4)	2,38 mm (No.8)	-	-	-	5000	-	-	-
JUMLAH BOLA		12	11	8	6	12	12	12

Pengujian	Satuan	I	II	Notasi
Berat Tempat	gram	325,50	330,50	Bt
Berat Tempat + Contoh Awal	gram	5376,00	5381,00	A
Berat Tempat + Contoh Akhir (Tertahan Saringan No.12)	gram	4860,50	4855,00	B
Keausan = $(A-B) / (A-Bt) \times 100\%$	%	10,21	10,41	Aus
Keausan Rata-Rata = $(I + Ii) / 2$	%	10,31		Aus

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Dari hasil pengujian diatas diketahui bahwa proses keausan rata-rata sebesar 10,31%, dengan demikian agregat kasar baik digunakan untuk campuran beton

karena memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan yaitu ketentuan dalam spesifikasi umum 2010 hasil dari pengujian keausan tidak melampaui 40% untuk 500 putaran.

4.1.1.1.5 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian berat jenis dan absorpsi dari agregat kasar bertujuan untuk menentukan bulk dan *apparent specific gravity* dan absorpsi dari agregat kasar. Agregat kasar yang digunakan merupakan agregat yang tersedia di PT. Trie Mukty Pertama Putra yang berasal dari pecahan batu Gunung Galunggung. Percobaan dilakukan dengan menggunakan benda uji dengan hasil diperoleh sebagai berikut.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

JENIS PENGUJIAN	HASIL PENGUJIAN	
	I	II
Berat Jenis Benda uji Kering Oven	1821,00	1735,00
Berat Jenis benda uji Permukaan Jenuh	1860,50	1785,00
Berat Piknometer + Air (25°C)	-	-
Berat Piknometer + Benda Uji + Air (25°C)	-	-
Berat Benda Uji Dalam Air	1164,70	1108,60

JENIS PENGUJIAN	I	II	RATA RATA
Berat Jenis Bulk	2,62	2,57	2,59
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)	2,67	2,64	2,66
Berat Jenis Semu (Apparent)	2,77	2,77	2,77
Penyerapan (Absorpsi)	2,17	2,88	2,53

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar didapat berat jenis rata-rata bulk 2,59 gram, berat jenis kering permukaan jenuh 2,66 gram, berat jenis semu 2,77 gram, dan penyerapan air 2,53%. Dengan penyerapan kurang dari 5% maka dapat disimpulkan bahwa agregat kasar tersebut baik bila digunakan sebagai campuran beton.

4.1.1.1.6 Hasil Pengujian Gumpalan Lempung

Tujuan metode ini adalah untuk memperoleh persen gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat halus maupun kasar, sehingga dapat

digunakan oleh perencana dan pelaksana. Hasil dari pengujian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Gumpalan Lempung

UKURAN AGREGAT	GRADASI	BERAT CONTOH AWAL	BERAT CONTOH SETELAH DIUJI	KEHILANGAN BERAT	KADAR LEMPUNG	KADAR LEMPUNG SETELAH DIKOREKSI
	A	B	C	D = B-C	$E = (D/B) \times 100\%$	$F = (A \times E)/100$
	%	gram	gram	gram	%	%
> 1 1/2" (>36,5 mm)						
-1 1/2" + 3/4" (-36,5 mm + 19,0 mm)	49,68	3049,00	3016,50	32,50	1,07	0,53
-3/4" + 3/8" (-19,0 mm + 9,5 mm)	33,80	2074,00	2065,00	9,00	0,43	0,147
-3/8" + No. 4 (-9,5 mm + 4,75 mm)	16,51	1014,00	1011,00	3,00	0,30	0,05
- No. 4 + No. 16 (-4,75 mm + 1,18 mm)						
JUMLAH	100,00	6.137,00	6.092,50	44,50	1,80	0,73

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Dari hasil pengujian gumpalan lempung didapat rata-rata 0,73%. Dengan hasil rata-rata kurang dari 2% dapat disimpulkan bahwa agregat kasar tersebut baik bila digunakan sebagai campuran beton.

4.1.1.1.7 Hasil Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200

Tujuan metode ini adalah untuk memperoleh persentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm). Berikut ini hasil dari pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200

NO	URAIAN	SATUAN	PENGUJIAN	
			I	II
1	Berat Contoh Kering Sebelum Dicuci	gram	2641,50	2609,00
2	Berat Contoh Kering Sesudah Dicuci Tertahan Di Atas No. 200 (0,075 mm)	gram	2623,00	2588,00
3	Berat Contoh Kering	gram	18,50	21,00
4	Persen Contoh	%	0,70	0,80
5	Rata-rata	%	0,75	

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Dari pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200 didapat rata-rata 0,75%. Dengan hasil rata-rata kurang dari 2% dapat disimpulkan bahwa agregat kasar tersebut baik bila digunakan sebagai campuran beton.

4.1.1.2 Hasil Pengujian Agregat Halus

Agregat halus bisa terdiri dari pasir bersih dengan bahan-bahan yang cenderung halus dalam keadaan kering serta memenuhi persyaratan dengan menggunakan pengujian yang sudah dilakukan sebelumnya. Berikut ini hasil dari pengujian yang telah dilakukan.

4.1.1.2.1 Hasil Pengujian Berat Isi

Hasil analisis berat isi agregat halus sama halnya dengan pengujian berat isi agregat kasar yaitu dilakukan meliputi dua tahap, diantaranya pengujian berat isi lepas dan berat isi padat. Berikut ini merupakan 2 tahapan hasil pengujian berat isi kasar yang telah dilakukan.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Berat Isi Lepas

Berat Isi Lepas	Satuan	I	II
Berat Contoh + Tempat	gram	10520,00	10660,00
Berat Tempat	gram	2410,00	2410,00
Berat Contoh	gram	8110,00	8250,00
Volume Tempat	cm ³	5555,95	5555,95
Berat Isi Contoh	gram/ cm ³	1,46	1,48
Berat Isi Rata-rata	gram/ cm ³	1,47	

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Berat Isi Padat

Berat Isi Padat	Satuan	I	II
Berat Contoh + Tempat	gram	10910,00	11060,00
Berat Tempat	gram	2410,00	2410,00
Berat Contoh	gram	8500,00	8650,00
Volume Tempat	cm ³	5555,95	5555,95
Berat Isi Contoh	gram/cm ³	1,53	1,56
Berat Isi Rata-rata	gram/cm ³	1,54	

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Dari hasil pengujian berat isi agregat halus untuk berat isi lepas didapat berat isi rata-rata sebesar 1,47 gram/cm³, sedangkan untuk berat isi padat didapat berat isi rata-rata sebesar 1,54 gram/cm³. Hasil pengujian berat isi tersebut memenuhi syarat sesuai dengan SNI 03-4804-1998 yaitu batas minimum berat isi untuk agregat kasar maupun halus 1.200 kg/m³.

4.1.1.2.2 Hasil Pengujian Kadar Air

Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. nilai kadar air ini digunakan untuk koreksi takaran air untuk adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan. Berikut ini merupakan hasil pengujian kadar air.

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Kadar Air

No	Uraian	Satuan	Hasil Pengujian	
			I	II
1	Masa cawan + contoh basah	gram	720,00	948,50
2	Masa cawan + contoh kering	gram	694,00	907,00
3	Masa air	gram	26,00	41,00
4	Masa cawan	gram	43,50	67,00
5	Masa contoh kering	gram	650,50	840,00
6	Kadar air	%	4,00	4,88
Rata - rata			4,44	

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

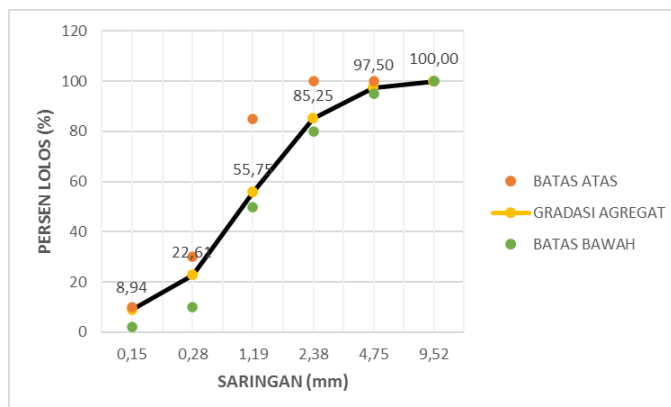
Dari hasil pengujian agregat halus didapat kadar air rata-rata sebesar 4,44%. Persentase kadar air pada agregat halus memenuhi syarat karena syarat kadar air bernilai <5%.

4.1.1.2.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat

Hasil pengujian analisa saringan agregat halus dilakukan untuk mengetahui batas gradasi agregat tersebut. Berikut ini merupakan tabel hasil pengujian analisa saringan agerat halus.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat

Saringan		Berat Tertahan	Jumlah Berat Tertahan	Persen Kumulatif		Berat Tertahan	Jumlah Berat Tertahan	Persen Kumulatif		Rata-rata
				Tertahan	Lolos			Tertahan	Lolos	
mm	inc	gram	gram	%	%	gram	gram	%	%	
37,5	1 1/2"				100,00				100,00	100,00
25,4	1"				100,00				100,00	100,00
19,1	3/4"				100,00				100,00	100,00
12,7	1/2"				100,00				100,00	100,00
9,52	3/8"				100,00				100,00	100,00
4,75	No.4	48,33	48,33	3,60	96,40	16,49	16,49	1,40	98,60	97,50
2,38	No.8	163,11	211,44	15,75	84,25	145,48	161,98	13,75	86,25	85,25
1,19	No.16	415,64	627,08	46,71	53,29	330,31	492,29	41,79	58,21	55,75
0,59	No.30	310,65	937,74	69,85	30,15	306,04	798,33	67,77	32,23	31,19
0,28	No.50	129,42	1067,15	79,49	20,51	88,59	886,92	75,29	24,71	22,61
0,15	No.100	176,67	1243,83	92,65	7,35	167,04	1053,96	89,47	10,53	8,94
0,075	No.200	42,42	1286,25	95,81	4,19	53,25	1107,20	93,99	6,01	5,10
Pan		27,92	1314,17	97,89	2,11	20,03	1127,23	95,69	4,31	3,21



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan
(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Dari data yang didapat, diketahui agregat halus yang diuji masuk pada zona gradasi no. 2 yang ditentukan SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal.

4.1.1.2.4 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian berat jenis dan absorpsi dari agregat kasar bertujuan untuk menentukan bulk dan *apparent specific gravity* dan absorpsi dari agregat halus. Agregat halus yang digunakan merupakan agregat yang tersedia di PT. Trie Mukty Pertama Putra yang berasal dari pecahan batu Gunung Galunggung. Percobaan dilakukan dengan menggunakan benda uji dengan hasil diperoleh sebagai berikut.

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

JENIS PENGUJIAN	HASIL PENGUJIAN	
	I	II
Berat Jenis Benda uji Kering Oven	488,00	486,00
Berat Jenis benda uji Permukaan Jenuh	500,00	500,00
Berat Piknometer + Air (25°C)	652,50	664,00
Berat Piknometer + Benda Uji + Air (25°C)	969,00	980,50
Berat Benda Uji Dalam Air	-	-

JENIS PENGUJIAN	I	II	RATA RATA
Berat Jenis Bulk	2,66	2,65	2,66
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)	2,72	2,72	2,72
Berat Jenis Semu (Apparent)	2,85	2,86	2,85
Penyerapan (Absorpsi)	2,46	2,77	2,62

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar didapat berat jenis rata-rata bulk 2,66 gram, berat jenis kering permukaan jenuh 2,72 gram, berat jenis semu 2,85 gram, dan penyerapan air 2,62%. Dengan penyerapan kurang dari 5% maka dapat disimpulkan bahwa agregat kasar tersebut baik bila digunakan sebagai campuran beton.

4.1.1.2.5 Hasil Pengujian Gumpalan Lempung

Tujuan metode ini adalah untuk memperoleh persen gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat halus maupun kasar. Hasil dari pengujian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Gumpalan Lempung

UKURAN AGREGAT	GRADASI	BERAT CONTOH AWAL	BERAT CONTOH SETELAH DIUJI	KEHILANGAN BERAT	KADAR LEMPUNG	KADAR LEMPUNG SETELAH DIKOREKSI
	A	B	C	D = B-C	$E = (D/B) \times 100\%$	$F = (A \times E)/100$
	%	gram	gram	gram	%	%
> 1 1/2" (>36,5 mm)						
-1 1/2" + 3/4" (-36,5 mm + 19,0 mm)						
-3/4" + 3/8" (-19,0 mm + 9,5 mm)						
-3/8" + No. 4 (-9,5 mm + 4,75 mm)						
- No. 4 + No. 16 (-4,75 mm + 1,18 mm)	100,00	460,00	456,50	3,50	0,76	0,76
JUMLAH	100,00	460,00	456,50	3,50	0,76	0,76

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Dari hasil pengujian gumpalan lempung didapat rata – rata 0,76%, Dengan hasil rata – rata kurang dari 3% dapat disimpulkan bahwa agregat kasar tersebut baik bila digunakan sebagai campuran beton.

4.1.1.2.6 Hasil Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200

Tujuan metode ini adalah untuk memperoleh persentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm. Berikut ini hasil dari pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200.

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200

NO	URAIAN	SATUAN	PENGUJIAN	
			I	II
1	Berat Contoh Kering Sebelum Dicuci	gram	500,00	500,00
2	Berat Contoh Kering Sesudah Dicuci Tertahan Di Atas No. 200 (0,075 mm)	gram	476,00	474,50
3	Berat Contoh Kering	gram	24,50	25,500
4	Persen Contoh	%	4,80	5,10
5	Rata-rata	%	4,95	

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Dari pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200 didapat rata-rata 4,95%. Dengan hasil rata-rata kurang dari 10% dapat disimpulkan bahwa agregat kasar tersebut baik bila digunakan sebagai campuran beton.

4.1.1.2.7 Hasil Pengujian Kotoran Organik dalam Pasir untuk Campuran Beton

Pengujian ini adalah untuk mendapatkan angka dengan petunjuk larutan standar atau standar warna yang telah ditentukan terhadap larutan benda uji pasir. Berikut hasil pengujian kotoran organik dalam pasir untuk campuran beton.

Tabel 4.16 Hasil Pengujian Kotoran Organik dalam Pasir

HASIL PENGAMATAN WARNA KOTORAN ORGANIK (SESUAI DENGAN NOMOR WARNA PADA PELAT STANDAR WARNA ORGANIK)									
	1		2		3		4		5
HASIL PENGAMATAN WARNA KOTORAN ORGANIK (SESUAI DENGAN NOMOR WARNA PADA PELAT STANDAR WARNA ORGANIK)									
	1		2		3		4		5
HASIL PENGAMATAN WARNA KOTORAN ORGANIK (SESUAI DENGAN NOMOR WARNA PADA PELAT STANDAR WARNA ORGANIK)									
	1		2		3		4		5

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Dari tabel diatas menunjukkan warna larutan benda uji kurang terang dari warna larutan standar atau menunjukkan warna standar kurang dari no. 3, maka kemungkinan mengandung bahan organik yang diijinkan untuk bahan campuran beton.

4.1.2 Hasil Pengujian Pecahan Genteng

Pecahan genteng diambil dari sisa-sisa limbah pembangunan atau perbaikan bangunan di sekitar kampus Universitas Siliwangi Kota Tasikmalaya yang ditumbuk menggunakan palu dan alat penumbuk lainnya yang lolos saringan no.1 dan tertahan saringan no.4.

4.1.2.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian berat jenis genteng dihitung berdasarkan SNI 03-1969-1990. Berikut ini hasil dari pengujian berat jenis pecahan genteng.

Tabel 4.17 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Genteng

JENIS PENGUJIAN	HASIL PENGUJIAN	
	I	II
Berat Jenis Benda uji Kering Oven	1080,60	1000,90
Berat Jenis benda uji Permukaan Jenuh	1258,90	1200,00
Berat Piknometer + Air (25°C)	-	-
Berat Piknometer + Benda Uji + Air (25°C)	-	-
Berat Benda Uji Dalam Air	678,50	680,50

JENIS PENGUJIAN	I	II	RATA RATA
Berat Jenis Kering	1,86	1,93	1,89
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)	2,17	2,31	2,24
Berat Jenis Semu (Apparent)	2,69	3,21	2,91
Penyerapan (Absorpsi)	16,50	19,89	18,20

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan genteng didapat berat jenis kering rata-rata sebesar 1,89 gram, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) rata-rata 2,24, berat jenis semu rata-rata 2,91, dan penyerapan air rata-rata sebesar 18,20%. Dengan penyerapan sebesar 18,20% dapat dilihat bahwa genteng merupakan material yang dapat menyerap air.

4.1.2.2 Gradasi Pecahan Genteng

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butiran pecahan genteng dengan menggunakan saringan. Apabila butir-butir pecahan genteng mempunyai ukuran yang sama (seragam), maka volume pori-pori akan besar. Sebaliknya, jika ukuran butir-butirnya bervariasi maka volume pori-pori akan kecil. Hal ini karena butiran yang kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga porinya menjadi sedikit, dengan kata lain kemampuannya tinggi. Ketentuan untuk gradasi agregat pada pecahan genteng ini berdasarkan Spesifikasi Umum 2018 dengan ukuran nominal maksimum 19 mm.

Tabel 4.18 Hasil Pehtingan Kebutuhan Genteng per Varian Persentase

VARIAN	7	14	21	28	JUMLAH
10%	0,55	0,55	0,55	0,55	2,20
20%	1,10	1,10	1,10	1,10	4,40
30%	1,65	1,65	1,65	1,65	6,60

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Dari hasil perhitungan gradasi agregat per varian persentase, didapatkan jumlah kebutuhan genteng untuk campuran bahan beton pengganti agregat kasar pada umur beton 7, 14, 21, dan 28 hari sebesar 10% sebanyak 0,55 kg, untuk persentase 20% pecahan genteng sebanyak 1,10 kg, dan untuk persentase 30% sebanyak 1,65 kg.

Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Kebutuhan Genteng Per Ukuran Gradasi

Maks. 19 mm			Spek	10%	20%	30%
3/4	90	100	95	0,33	0,66	1,00
3/8	30	65	47,5	0,17	0,33	0,50
4	5	25	15	0,05	0,10	0,16
JUMLAH			157,5	0,55	1,10	1,65

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Dari hasil perhitungan kebutuhan genteng per ukuran gradasi, persentase sebesar 10% dibutuhkan pecahan genteng yang lolos saringan no. 3/4 sebanyak 0,33 kg, lolos saringan no. 3/8 sebanyak 0,17, dan pecahan genteng yang tertahan saringan no.4 dibutuhkan sebanyak 0,05 kg. Untuk persentase sebesar 20% dibutuhkan pecahan genteng yang lolos saringan no. 3/4 sebanyak 0,66 kg, lolos saringan 3/8 sebanyak 0,33 kg, dan tertahan no. 4 sebanyak 0,10 kg. Untuk persentase sebesar 30% dibutuhkan pecahan genteng yang lolos saringan no. 3/4 sebanyak 1,00 kg, lolos saringan no. 3/8 0,50 kg, dan tertahan saringan no. 4 sebanyak 0,16 kg.

4.1.3 Perencanaan Campuran Bahan-Bahan Penyusun Beton

Tata cara pembuatan rencana campuran (*mix design*) beton normal ini mengacu pada modul beton bimbingan teknis pengujian bahan jalan dan jembatan dan SNI 03-2834-2000. Adapun langkah-langkah perhitungan dimulai dari penentuan kuat tekan yang direncanakan, pencarian nilai faktor air semen (FAS)

sehingga dapat diperoleh berat semen, agregat, air, penyerapan, dan berat jenis agregat yang digunakan dilapangan. Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan proporsi campuran penyusun beton untuk kebutuhan benda uji silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berikut ini merupakan hasil perhitungan perencanaan campuran beton (*mix design*).

Tabel 4.20 Hasil Perhitungan *Mix Design* Beton

NO	URAIAN	KETERANGAN	NILAI	SATUAN
1	Kuat tekan yang di syaratkan (f_c')	Ditetapkan	18	MPa
2	Bagian cacat 28 hari (k)	5% cacat	1,64	
3	Deviasi standar (s)	Tabel 2.9	7	MPa
4	Nilai margin (M)	$M = k.S$	11,48	MPa
5	Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (f_{cr})	$f_{cr} = f_c + M$	29	MPa
6	Jenis semen	Type	1	
		Berat isi	1,25	
		Berat jenis	3,15	
		Kadar air	-	
7	Jenis Agregat Kasar	Agregat pecah maksimum	30	mm
		Berat isi	1,31	
		Berat jenis	2,66	
		Kadar air	2,8	
8	Jenis Agregat Halus	Pasir gradadi type	1	
		Berat isi	1,47	
		Berat jenis	2,72	
		Kadar air	4,44	
9	Faktor air semen (f_{as})	Tabel 2.10 dan Gambar 2.1	0,57	
10	Faktor air semen maksimum	Tabel 2.11	0,6	
11	Derajat pengerjaan (slump)	Ditetapkan	60-180	mm
12	Ukuran agregat maksimum	Hasil Analisa Saringan Kasar	30	mm
13	Kadar air bebas	Tabel 2.15	195	kg/m ³
14	Jumlah semen	No. 9 + No. 13	342	kg/m ³
15	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	-	kg/m ³
16	Jumlah semen minimum	Tabel 2.16	325	kg/m ³
17	Faktor air semen yang disesuaikan	Ditetapkan jika berubah	-	
18	Susunan butir agregat halus	Hasil Analisa Saringan Halus	1	
19	Persen agregat	100 - persen halus	47	%
20	Persen pasir	Gambar 2.9	53	%
21	Berat jenis relatif agregat gabungan	Diketahui	2,69	
22	Berat isi beton (basah)	Gambar 2.10	2425	kg/m ³
23	Berat agregat gabungan	No. 22-(No. 14+No. 13)	1888	kg/m ³
24	Berat agregat 2-3	No. 23-No. 25	887	kg/m ³
25	Berat pasir	(No. 20/100)*No. 23	1001	kg/m ³

Proporsi Campuran				
26	Semen	No. 14	342	kg/m ³
27	Air	No. 13	195	kg/m ³
28	Agregat 2-3	No. 24	887	kg/m ³
29	Pasir	No. 25	1001	kg/m ³

Pekerjaan di Lab				
Nilai Perbandingan				
31	Semen	No. 31	342	kg
32	Air	No. 32	106	kg
33	Agregat 2-3	No. 33	890	kg
34	Pasir	No. 34	1088	kg

Faktor Pengembangan	
Semen	1
Air	0,31
Agregat 2-3	2,6
Pasir	3,18
Jumlah	7,09

Berat Sample Silinder	15	kg
31 Semen	2,12	kg
32 Air	0,65	kg
33 Agregat 2-3	5,5	kg
34 Pasir	6,73	kg
Total Berat Campuran	15	kg

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

4.1.4 Pelaksanaan Campuran Beton

Dalam upaya pencarian alternatif, dilakukan penelitian berupa penambahan pecahan genteng terhadap agregat kasar. Pengaruh penggunaan pecahan genteng sebagai pengganti agregat kasar dapat berpengaruh terhadap perilaku mekanik dari beton normal yang ditinjau terhadap kuat tekan beton. Beton yang direncanakan untuk mutu sedang yaitu f_c 18. Penambahan pecahan genteng dengan variasi persentase sebesar 10%, 20%, dan 30% pada campuran beton terhadap agregat kasar. Sifat mekanis beton yang diperhitungkan adalah kuat tekan beton pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari.

4.1.4.1 Perhitungan Kebutuhan Campuran Beton Normal

Pelaksanaan campuran beton normal dilakukan dengan memasukan 3 sampel sekaligus kedalam mesin *mixer*. Berikut ini merupakan hasil dari pelaksanaan campuran beton untuk beton normal.

Tabel 4.21 Campuran Beton untuk Beton Normal

Kebutuhan untuk Sample Silinder				
No	Banyaknya Sample		3	buah
1	Semen	3*2,12	6,35	kg
2	Air	3*0,65	1,96	kg
3	Agregat	3*5,50	16,51	kg
4	Pasir	3*6,73	20,18	kg
Total Berat Campuran			45,00	kg

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

4.1.4.2 Perhitungan Kebutuhan Campuran Beton dengan Variasi Pecahan Genteng 10%

Pelaksanaan campuran beton dengan variasi pecahan genteng sebagai pengganti agregat kasar sebanyak 10% ini dilakukan dengan memasukkan 3 sampel sekaligus kedalam mesin *mixer*. Berikut ini merupakan hasil dari pelaksanaan campuran beton dengan penambahan 10% pecahan genteng.

Tabel 4.22 Campuran Beton Variasi Pecahan Genteng 10%

Kebutuhan untuk Sample Silinder				
No	Banyaknya Sample		3	buah
1	Semen	3*2,12	6,35	kg
2	Air	3*0,65	1,96	kg
3	Agregat Kasar	3*5,50	16,51	kg
4	Genteng 10%	3*0,55	1,65	kg
5	Jumlah Agregat Kasar Sesudah Dikurang Genteng	No. 3-No. 4	14,86	kg
6	Pasir	3*6,73	20,18	kg
Total Berat Campuran			45,00	kg

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

4.1.4.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran Beton dengan Variasi Pecahan Genteng 20%

Pelaksanaan campuran beton dengan variasi pecahan genteng sebagai pengganti agregat kasar sebanyak 20% ini dilakukan dengan memasukkan 3 sampel sekaligus kedalam mesin *mixer*. Berikut ini merupakan hasil dari pelaksanaan campuran beton penambahan 20% pecahan genteng.

Tabel 4.23 Campuran Beton Variasi Pecahan Genteng 20%

Kebutuhan untuk Sample Silinder				
No	Banyaknya Sample		3	buah
1	Semen	3*2,12	6,35	kg
2	Air	3*0,65	1,96	kg
3	Agregat Kasar	3*5,50	16,51	kg
4	Genteng 20%	3*1,10	3,3	kg
5	Jumlah Agregat Kasar Sesudah Dikurang Genteng	No. 3-No. 4	13,21	kg
6	Pasir	3*6,73	20,18	kg
Total Berat Campuran			45,00	kg

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

4.1.4.4 Perhitungan Kebutuhan Campuran Beton dengan Variasi Pecahan Genteng 30%

Pelaksanaan campuran beton dengan variasi pecahan genteng sebagai pengganti agregat kasar sebanyak 30% ini dilakukan dengan memasukkan 3 sampel sekaligus kedalam mesin mixer. Berikut ini merupakan hasil dari pelaksanaan campuran beton penambahan 30% pecahan genteng.

Tabel 4.24 Campuran Beton Variasi Pecahan Genteng 30%

Kebutuhan untuk Sample Silinder				
No	Banyaknya Sample		3	buah
1	Semen	3*2,12	6,35	kg
2	Air	3*0,65	1,96	kg
3	Agregat Kasar	3*5,50	16,51	kg
4	Genteng 30%	3*1,65	4,95	kg
5	Jumlah Agregat Kasar Sesudah Dikurang Genteng	No. 3-No. 4	11,56	kg
6	Pasir	3*6,73	20,18	kg
Total Berat Campuran			45,00	kg

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

4.1.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah benda uji dibuka dari cetakan yang telah direndam dalam bak perawatan yang berisi air selama waktu yang telah ditentukan yaitu pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari untuk mengontrol mutu beton yang direncanakan. Cetakan benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

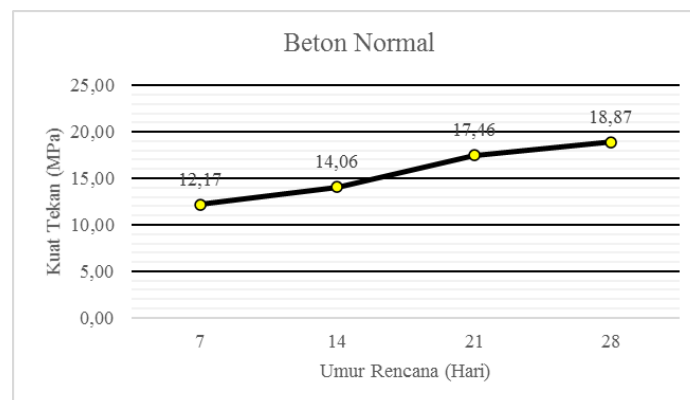
4.1.5.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Pengujian kuat tekan pada beton normal menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan umur rencana 7, 14, 21 dan 28 hari. Setiap umur rencana

menggunakan 3 buah sample benda uji. Berikut ini hasil dari kuat tekan pada beton normal.

Tabel 4.25 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

No.Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur	Nilai Slump (cm)	Berat Benda uji (kg)	Luas Bidang (cm ²)	Bacaan Alat (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)
			(hari)					
1	04/03/2021	12/03/2021	7	11	12.550	176,63	220	12,46
2	04/03/2021	12/03/2021	7		12.720	176,63	200	11,32
3	04/03/2021	12/03/2021	7		12.620	176,63	225	12,74
Rata - rata								12,17
1	04/03/2021	19/03/2021	14	11	12.820	176,63	265	15,00
2	04/03/2021	19/03/2021	14		12.630	176,63	245	13,87
3	04/03/2021	19/03/2021	14		12.410	176,63	235	13,31
Rata - rata								14,06
1	04/03/2021	26/03/2021	21	11	12.530	176,63	295	16,70
2	04/03/2021	26/03/2021	21		12.610	176,63	285	16,14
3	04/03/2021	26/03/2021	21		12.640	176,63	345	19,53
Rata - rata								17,46
1	04/03/2021	02/04/2021	28	11	12.550	176,63	370	20,95
2	04/03/2021	02/04/2021	28		12.620	176,63	320	18,12
3	04/03/2021	02/04/2021	28		12.640	176,63	310	17,55
Rata - rata								18,87



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal
(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Berdasarkan data yang diperoleh, beton normal pada umur 7 hari kuat tekan rata-ratanya sebesar 12,17 MPa, umur 14 hari kuat tekan rata-ratanya sebesar 14,06 MPa, umur 21 hari kuat tekan rata-ratanya sebesar 17,46 MPa, dan umur 28 hari kuat tekan rata-ratanya sebesar 18,87 MPa.

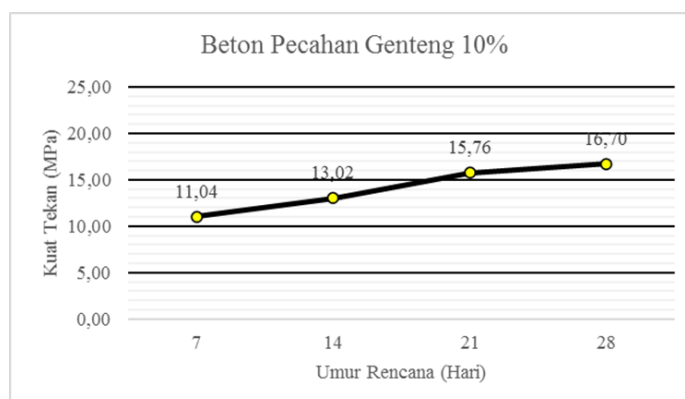
4.1.5.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Pecahan Genteng 10%

Pengujian kuat tekan pada beton menggunakan pecahan genteng sebesar 10% sebagai pengganti agregat kasar menggunakan benda uji berbentuk silinder. Umur rencana yang direncanakan adalah 7, 14, 21 dan 28 hari dengan setiap umur rencana

menggunakan 3 sample benda uji. Berikut ini hasil dari kuat tekan pada beton dengan variasi genteng sebesar 10%.

Tabel 4.26 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Pecahan Genteng 10%

No.Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur	Nilai Slump	Berat Benda uji	Luas Bidang	Bacaan Alat	Kuat Tekan
			(hari)	(cm)	(kg)	(cm ²)	(Kn)	(Mpa)
1	09/03/2021	17/03/2021	7	8	12.160	176,63	175	9,91
2	09/03/2021	17/03/2021	7		12.080	176,63	215	12,17
3	09/03/2021	17/03/2021	7		12.360	176,63	195	11,04
Rata - rata								11,04
1	09/03/2021	24/03/2021	14	8	12.100	176,63	210	11,89
2	09/03/2021	24/03/2021	14		12.290	176,63	240	13,59
3	09/03/2021	24/03/2021	14		12.140	176,63	240	13,59
Rata - rata								13,02
1	09/03/2021	31/03/2021	21	8	12.170	176,63	305	17,27
2	09/03/2021	31/03/2021	21		12.280	176,63	260	14,72
3	09/03/2021	31/03/2021	21		12.310	176,63	270	15,29
Rata - rata								15,76
1	09/03/2021	07/04/2021	28	8	12.270	176,63	300	16,99
2	09/03/2021	07/04/2021	28		12.210	176,63	295	16,70
3	09/03/2021	07/04/2021	28		12.380	176,63	290	16,42
Rata - rata								16,70



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Pecahan Genteng 10%
(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Berdasarkan data yang diperoleh, beton dengan campuran pecahan genteng 10% pada umur 7 hari kuat tekan rata-ratanya sebesar 11,04 MPa, umur 14 hari kuat tekan rata-ratanya sebesar 13,02 MPa, umur 21 hari kuat tekan rata-ratanya sebesar 15,76 MPa, dan umur 28 hari kuat tekan rata-ratanya sebesar 16,70 MPa.

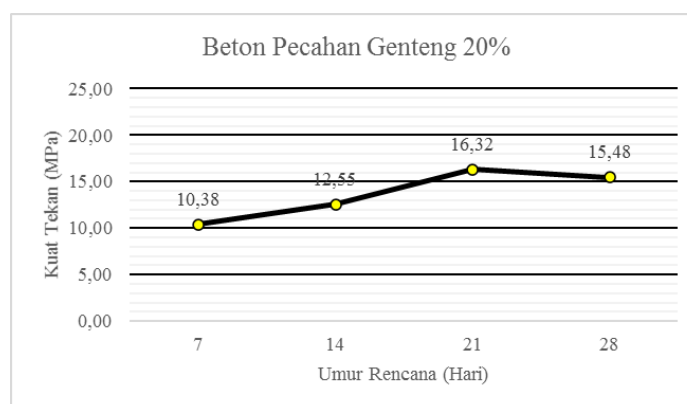
4.1.5.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Pecahan Genteng 20%

Pengujian kuat tekan pada beton menggunakan pecahan genteng sebesar 20% sebagai pengganti agregat kasar menggunakan benda uji berbentuk silinder. Umur

rencana yang direncanakan adalah 7, 14, 21 dan 28 hari dengan setiap umur rencana menggunakan 3 sample benda uji. Berikut ini hasil dari kuat tekan pada beton dengan variasi genteng sebesar 20%.

Tabel 4.27 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Pecahan Genteng 20%

No.Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur	Nilai Slump (cm)	Berat Benda uji (kg)	Luas Bidang (cm ²)	Bacaan Alat (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)
			(hari)					
1	08/03/2021	16/03/2021	7	8	12.450	176,63	205	11,61
2	08/03/2021	16/03/2021	7		12.380	176,63	165	9,34
3	08/03/2021	16/03/2021	7		12.280	176,63	180	10,19
Rata - rata								10,38
1	08/03/2021	23/03/2021	14	8	12.390	176,63	225	12,74
2	08/03/2021	23/03/2021	14		12.360	176,63	220	12,46
3	08/03/2021	23/03/2021	14		12.120	176,63	220	12,46
Rata - rata								12,55
1	08/03/2021	30/03/2021	21	8	12.280	176,63	315	17,83
2	08/03/2021	30/03/2021	21		12.520	176,63	270	15,29
3	08/03/2021	30/03/2021	21		12.280	176,63	280	15,85
Rata - rata								16,32
1	08/03/2021	06/04/2021	28	8	12.510	176,63	255	14,44
2	08/03/2021	06/04/2021	28		12.410	176,63	260	14,72
3	08/03/2021	06/04/2021	28		12.270	176,63	305	17,27
Rata - rata								15,48



Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Pecahan Genteng 20%

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

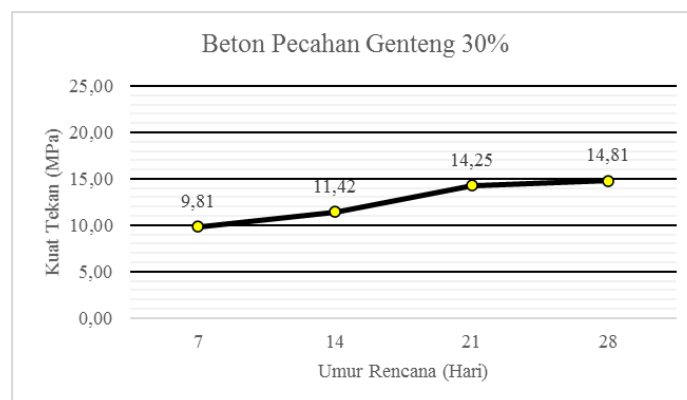
Berdasarkan data yang diperoleh, beton dengan campuran pecahan genteng 20% pada umur 7 hari kuat tekan rata-ratanya sebesar 10,38 MPa, umur 14 hari kuat tekan rata-ratanya sebesar 12,55 MPa, pada umur 21 hari kuat tekan rata-ratanya sebesar 16,32 MPa, dan umur 28 hari kuat tekan rata-ratanya sebesar 15,48 MPa.

4.1.5.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Pecahan Genteng 30%

Pengujian kuat tekan pada beton menggunakan pecahan genteng sebesar 30% sebagai pengganti agregat kasar menggunakan benda uji berbentuk silinder. Umur rencana yang direncanakan adalah 7, 14, 21 dan 28 hari dengan setiap umur rencana menggunakan 3 sample benda uji. Berikut ini hasil dari kuat tekan pada beton dengan variasi genteng sebesar 30%.

Tabel 4.28 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Pecahan Genteng 30%

No.Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur	Nilai Slump (cm)	Berat Benda uji (kg)	Luas Bidang (cm ²)	Bacaan Alat (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)
			(hari)					
1	05/03/2021	13/03/2021	7	7	12.070	176,63	175	9,91
2	05/03/2021	13/03/2021	7		12.110	176,63	160	9,06
3	05/03/2021	13/03/2021	7		12.180	176,63	185	10,47
Rata - rata								9,81
1	05/03/2021	20/03/2021	14	7	12.150	176,63	180	10,19
2	05/03/2021	20/03/2021	14		12.370	176,63	195	11,04
3	05/03/2021	20/03/2021	14		12.200	176,63	230	13,02
Rata - rata								11,42
1	05/03/2021	27/03/2021	21	7	12.210	176,63	240	13,59
2	05/03/2021	27/03/2021	21		12.220	176,63	250	14,15
3	05/03/2021	27/03/2021	21		12.210	176,63	265	15,00
Rata - rata								14,25
1	05/03/2021	03/04/2021	28	7	12.220	176,63	270	15,29
2	05/03/2021	03/04/2021	28		12.440	176,63	260	14,72
3	05/03/2021	03/04/2021	28		12.360	176,63	255	14,44
Rata - rata								14,81



Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Pecahan Genteng 30%

(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Berdasarkan data yang diperoleh, beton dengan campuran pecahan genteng 30% pada umur 7 hari kuat tekan rata-ratanya sebesar 9,81 MPa, umur 14 hari kuat

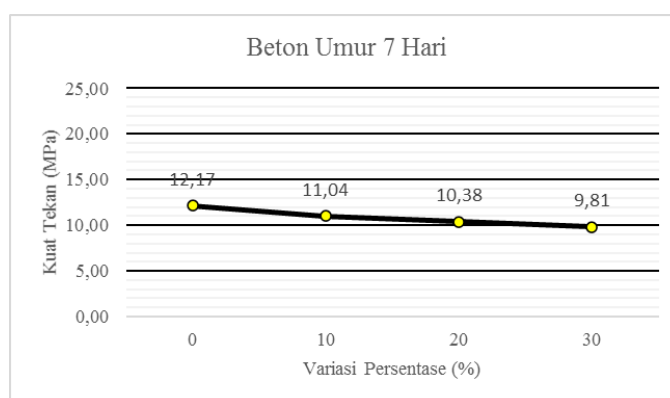
tekan rata-ratanya sebesar 11,42 MPa, umur 21 hari kuat tekan rata-ratanya sebesar 14,25 MPa, dan umur 28 hari kuat tekan rata-ratanya sebesar 14,81 MPa.

4.1.5.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Pengujian kuat tekan beton memiliki 4 variasi yaitu variasi pecahan genteng sebesar 0%, 10%, 20%, dan 30%. Berikut ini adalah hasil dari pengujian 4 variasi tersebut pada umur 7 hari, masing-masing 3 sample benda uji menggunakan benda uji berbentuk silinder.

Tabel 4.29 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

No.Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur	Nilai Slump (cm)	Berat Benda uji (kg)	Luas Bidang (cm ²)	Bacaan Alat (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)
			(hari)					
Beton Normal								
1	04/03/2021	12/03/2021	7	11	12.550	176,63	220	12,46
2	04/03/2021	12/03/2021	7		12.720	176,63	200	11,32
3	04/03/2021	12/03/2021	7		12.620	176,63	225	12,74
Rata - rata								12,17
Beton Variasi 10% Pecahan Genteng								
1	09/03/2021	17/03/2021	7	8	12.160	176,63	175	9,91
2	09/03/2021	17/03/2021	7		12.080	176,63	21	12,17
3	09/03/2021	17/03/2021	7		12.360	176,63	195	11,04
Rata - rata								11,04
Beton Variasi 20% Pecahan Genteng								
1	08/03/2021	16/03/2021	7	8	12.450	176,63	205	11,61
2	08/03/2021	16/03/2021	7		12.380	176,63	165	9,34
3	08/03/2021	16/03/2021	7		12.280	176,63	180	10,19
Rata - rata								10,38
Beton Variasi 30% Pecahan Genteng								
1	05/03/2021	13/03/2021	7	7	12.070	176,63	175	9,91
2	05/03/2021	13/03/2021	7		12.110	176,63	160	9,06
3	05/03/2021	13/03/2021	7		12.180	176,63	185	10,47
Rata - rata								9,81



Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari
(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Berdasarkan data yang diperoleh, pada umur 7 hari kuat tekan rata-rata beton normal sebesar 12,17 MPa, sedangkan pada beton variasi pecahan genteng 10%,

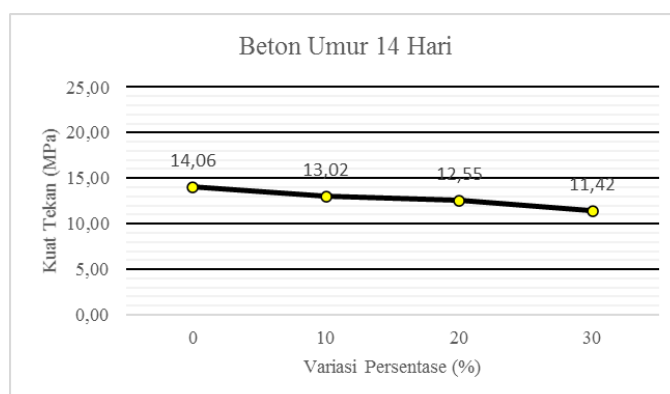
20%, dan 30% mengalami penurunan terhadap beton normal yaitu sebesar 11,04 MPa, 10,38 MPa, dan 9,81 MPa.

4.1.5.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 14 Hari

Pengujian kuat tekan beton memiliki 4 variasi yaitu variasi pecahan genteng 0%, 10%, 20%, dan 30%. Berikut ini adalah hasil dari pengujian 4 variasi tersebut pada umur 14 hari, masing-masing 3 sample menggunakan benda uji berbentuk silinder.

Tabel 4.30 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

No.Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur	Nilai Slump	Berat Benda uji	Luas Bidang	Bacaan Alat	Kuat Tekan
			(hari)	(cm)	(kg)	(cm ²)	(Kn)	(Mpa)
Beton Normal								
1	04/03/2021	19/03/2021	14	11	12.820	176,63	265	15,00
2	04/03/2021	19/03/2021	14		12.630	176,63	245	13,87
3	04/03/2021	19/03/2021	14		12.410	176,63	235	13,31
Rata - rata								14,06
Beton Variasi Pecahan Genteng 10%								
1	09/03/2021	24/03/2021	14	8	12.100	176,63	210	11,89
2	09/03/2021	24/03/2021	14		12.290	176,63	240	13,59
3	09/03/2021	24/03/2021	14		12.140	176,63	240	13,59
Rata - rata								13,02
Beton Variasi Pecahan Genteng 20%								
1	08/03/2021	23/03/2021	14	8	12.390	176,63	225	12,74
2	08/03/2021	23/03/2021	14		12.360	176,63	220	12,46
3	08/03/2021	23/03/2021	14		12.120	176,63	220	12,46
Rata - rata								12,55
Beton Variasi Pecahan Genteng 30%								
1	05/03/2021	20/03/2021	14	7	12.150	176,63	180	10,19
2	05/03/2021	20/03/2021	14		12.370	176,63	195	11,04
3	05/03/2021	20/03/2021	14		12.200	176,63	230	13,02
Rata - rata								11,42



Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari (Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

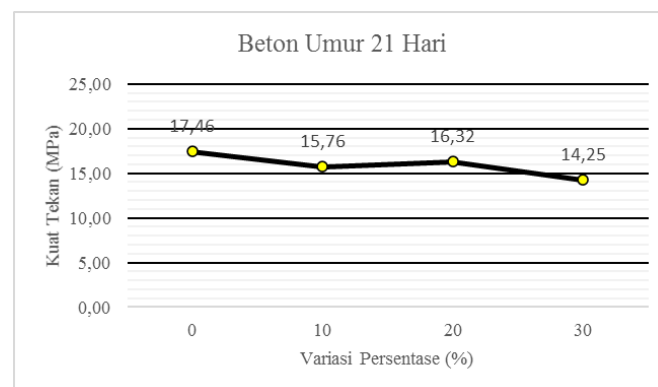
Berdasarkan data yang diperoleh, pada umur 14 hari kuat tekan rata-rata beton normal sebesar 14,06 MPa, sedangkan pada beton variasi pecahan genteng 10%, 20%, dan 30% mengalami penurunan terhadap beton normal yaitu sebesar 13,02 MPa, 12,55 MPa, dan 11,42 MPa.

4.1.5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 21 Hari

Pengujian kuat tekan beton memiliki 4 variasi yaitu variasi pecahan genteng 0%, 10%, 20%, dan 30%. Berikut ini adalah hasil dari pengujian 4 variasi tersebut pada umur 21 hari, masing-masing 3 sample benda uji menggunakan benda uji berbentuk silinder.

Tabel 4.31 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari

No.Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur	Nilai Slump	Berat Benda uji (kg)	Luas Bidang (cm ²)	Bacaan Alat (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)
			(hari)					
Beton Normal								
1	04/03/2021	26/03/2021	21	11	12.530	176,63	295	16,70
2	04/03/2021	26/03/2021	21		12.610	176,63	285	16,14
3	04/03/2021	26/03/2021	21		12.640	176,63	345	19,53
Rata - rata								17,46
Beton Variasi Pecahan Genteng 10%								
1	09/03/2021	31/03/2021	21	8	12.170	176,63	305	27,27
2	09/03/2021	31/03/2021	21		12.280	176,63	260	14,72
3	09/03/2021	31/03/2021	21		12.310	176,63	270	15,29
Rata - rata								15,76
Beton Variasi Pecahan Genteng 20%								
1	08/03/2021	30/03/2021	21	8	12.280	176,63	315	17,83
2	08/03/2021	30/03/2021	21		12.520	176,63	270	15,29
3	08/03/2021	30/03/2021	21		12.280	176,63	28-	15,85
Rata - rata								16,32
Beton Variasi Pecahan Genteng 30%								
1	05/03/2021	27/03/2021	21	7	12.210	176,63	240	13,59
2	09/03/2021	27/03/2021	21		12.220	176,63	250	14,15
3	09/03/2021	27/03/2021	21		12.210	176,63	265	15,00
Rata - rata								14,25



Gambar 4.9 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari (Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

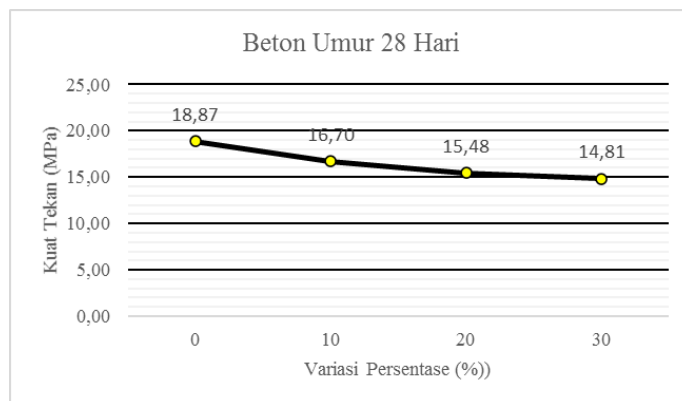
Berdasarkan data yang diperoleh, pada umur 21 hari kuat tekan rata-rata beton normal sebesar 17,46 MPa, sedangkan pada beton variasi pecahan genteng 10% mengalami penurunan terhadap beton normal sebesar 15,76 MPa. Nilai kuat tekan pada campuran genteng 20% mengalami kenaikan terhadap beton dengan campuran genteng 10% dengan nilai 16,32 MPa dan penurunan nilai kuat tekan terjadi pada beton campuran genteng 30% dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 10,38 MPa.

4.1.5.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari

Pengujian kuat tekan beton memiliki 4 variasi yaitu variasi pecahan genteng 0%, 10%, 20%, dan 30%. Berikut ini adalah hasil dari pengujian 4 variasi tersebut pada umur 28 hari dengan masing-masing 3 sample menggunakan benda uji berbentuk silinder.

Tabel 4.32 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

No. Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur	Nilai Slump	Berat Benda uji	Luas Bidang	Bacaan Alat	Kuat Tekan
			(hari)	(cm)	(kg)	(cm ²)	(Kn)	(Mpa)
Beton Normal								
1	04/03/2021	02/04/2021	28	11	12.550	176,63	370	20,95
2	04/03/2021	02/04/2021	28		12.620	176,63	320	18,12
3	04/03/2021	02/04/2021	28		12.640	176,63	310	17,55
Rata - rata								18,87
Beton Variasi Pecahan Genteng 10%								
1	09/03/2021	07/04/2021	28	8	12.270	176,63	300	16,99
2	09/03/2021	07/04/2021	28		12.210	176,63	295	16,70
3	09/03/2021	07/04/2021	28		12.380	176,63	290	16,42
Rata - rata								16,70
Beton Variasi Pecahan Genteng 20%								
1	08/03/2021	06/04/2021	28	8	12.510	176,63	255	14,44
2	08/03/2021	06/04/2021	28		12.410	176,63	260	14,72
3	08/03/2021	06/04/2021	28		12.270	176,63	305	17,27
Rata - rata								15,48
Beton Variasi Pecahan Genteng 30%								
1	05/03/2021	03/04/2021	28	7	12.220	176,63	270	15,29
2	05/03/2021	03/04/2021	28		12.440	176,63	260	14,72
3	05/03/2021	03/04/2021	28		12.360	176,63	255	14,44
Rata - rata								14,81



Gambar 4.10 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari
(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)

Berdasarkan data yang diperoleh, pada umur 28 hari kuat tekan rata-rata beton normal sebesar 18,87 MPa, sedangkan pada beton variasi pecahan genteng 10%, 20%, dan 30% mengalami penurunan terhadap beton normal yaitu sebesar 16,70 MPa, 15,48 MPa, dan 14,81 MPa.

4.2 Analisa Nilai Kuat Tekan Beton

Nilai uji tekan didapatkan dengan cara membagi beban maksimum dengan luas permukaan benda uji. Hasil perhitungan yang didapatkan dibagi dengan faktor pengali sesuai umur benda uji untuk mendapatkan nilai uji kuat tekan. Rata-rata dari nilai uji kuat tekan tersebut menunjukkan nilai kuat tekan beton. Berdasarkan tabel 4.25, tabel 4.26, tabel 4.27, dan tabel 4.28 pada pengujian diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan pecahan genteng sebagai bahan pengganti agregat kasar untuk umur 7, 14, 21, dan 28 hari mengalami penurunan terhadap beton normal. Terlihat ada penurunan yang signifikan seiring dengan bertambahnya campuran pecahan genteng sebagai pengganti agregat kasar. Sehingga nilai kuat tekan rata-rata rencana yang ditargetkan sebesar 18 MPa menggunakan pecahan genteng juga tidak dapat tercapai.

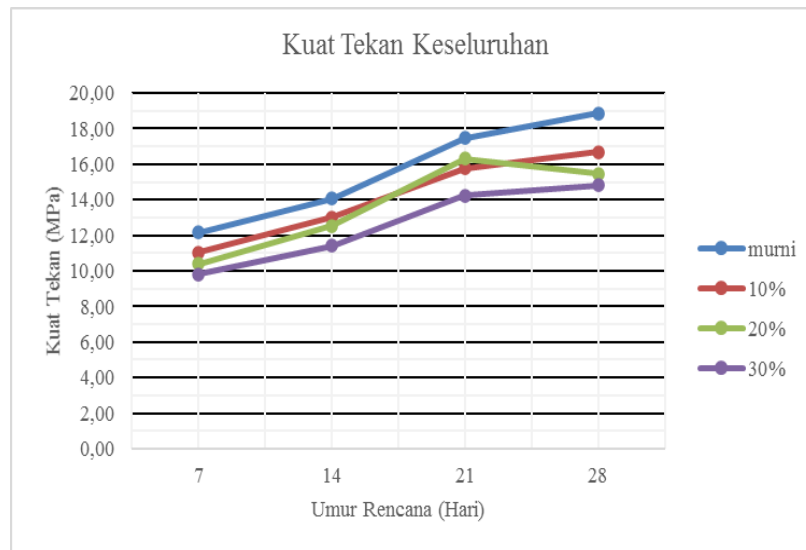
Tidak tercapainya hasil pengujian kuat tekan yang sesuai dengan target rencana dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor tersebut antara lain yaitu adanya kemungkinan terjadi kesalahan manusia (*human error*), faktor air semen, tingkat pemadatan, kondisi/cara dari perawatan, suhu, serta adanya pengaruh dari penggunaan limbah pecahan genteng.

Menurunnya nilai kuat tekan beton pada campuran genteng disebabkan karena kekerasan dari pecahan genteng lebih rendah dibandingkan kerikil/batu pecah. Selain itu, kausan dan daya serap yang tinggi menjadi penyebab menurunnya nilai kuat tekan pada beton campuran pecahan genteng. Sifat dari tanah liat yang mudah menyerap air menjadikan sifat agregat menjadi tidak padat. Kepadatan agregat sangat mempengaruhi besarnya kekuatan beton yang dihasilkan dengan kemampuannya menahan beban. Sedangkan, fungsi agregat dalam beton adalah mengisi sebagian besar volume beton yaitu antara 50-80%, sehingga sifat dan mutu agregat sangat berpengaruh terhadap sifat dan mutu beton. Selain itu, pada salah satu permukaan genteng yang licin juga dapat mengurangi daya ikatan agregat dengan semen. Hal tersebut menambah gaya geser beton, sehingga ketika beton mendapatkan tekanan pada saat uji tekan, beton menjadi lebih cepat tuntu/retak.

Tidak terpenuhinya kuat tekan beton rencana juga disebabkan oleh tingkat kelecakan adukan beton yang rendah. Kelecakan adukan yang rendah akan mengakibatkan kesulitan dalam pemadatan. Tingkat kepadatan pada saat pemadatan dan pengisian campuran beton ke dalam cetakan akan mempengaruhi mutu beton. Pemadatan yang terlalu berlebihan dapat membuat agregat turun ke dasar cetakan, sedangkan pada bagian atas tidak terlalu padat. Demikian juga sebaliknya, jika pemadatan yang kurang dapat membuat beton memiliki rongga/pori dalam beton tersebut. Hal ini dapat terlihat pada saat cetakan beton dibuka.

Pemberian tekanan pada saat melakukan pengujian dengan mesin uji tekan juga menjadi faktor kesalahan tidak tercapainya nilai kuat tekan yang telah direncanakan. Pemberian tekanan yang tidak konstan atau terlalu cepat dapat mempercepat keruntuhan benda uji.

Hasil pengujian kuat tekan memperlihatkan hasil yang bervariasi pada setiap sample beton yang diuji. Hasil keseluruhan kuat tekan pada setiap variasinya dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 4.11 Grafik Hasil Kuat Tekan Keseluruhan
(Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2021)